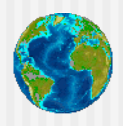
Filosofía de la(s) Ciencia(s) del Cambio Climático

Gnoseología, Ontología y Política

Carlos M. Madrid Casado







Sobre la definición de clima

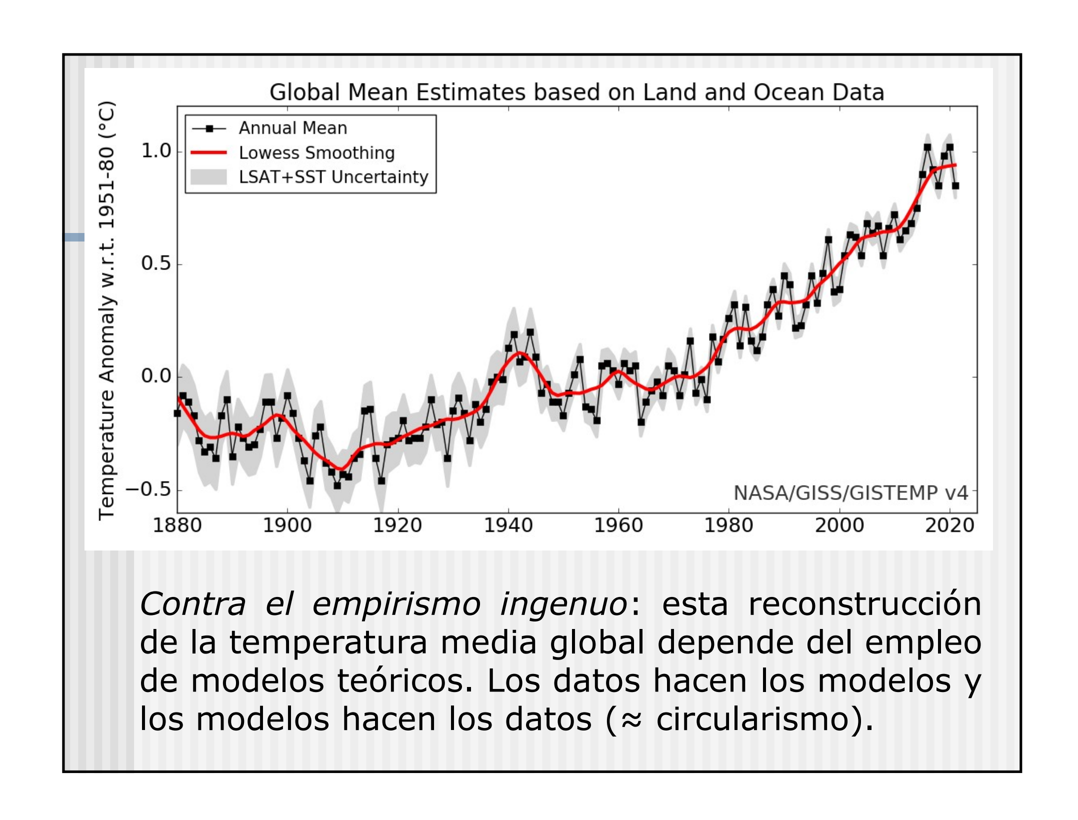
- El tiempo es el estado de la atmósfera sobre un lugar en un momento dado.
- El clima es el estado *promedio* de la atmósfera sobre un lugar a lo largo de un intervalo de tiempo (¿30 años?).
- Frente a esta definición sinóptica (observacional), hay una nueva definición dinámica: el clima es el *atractor* del modelo climático bajo estudio…

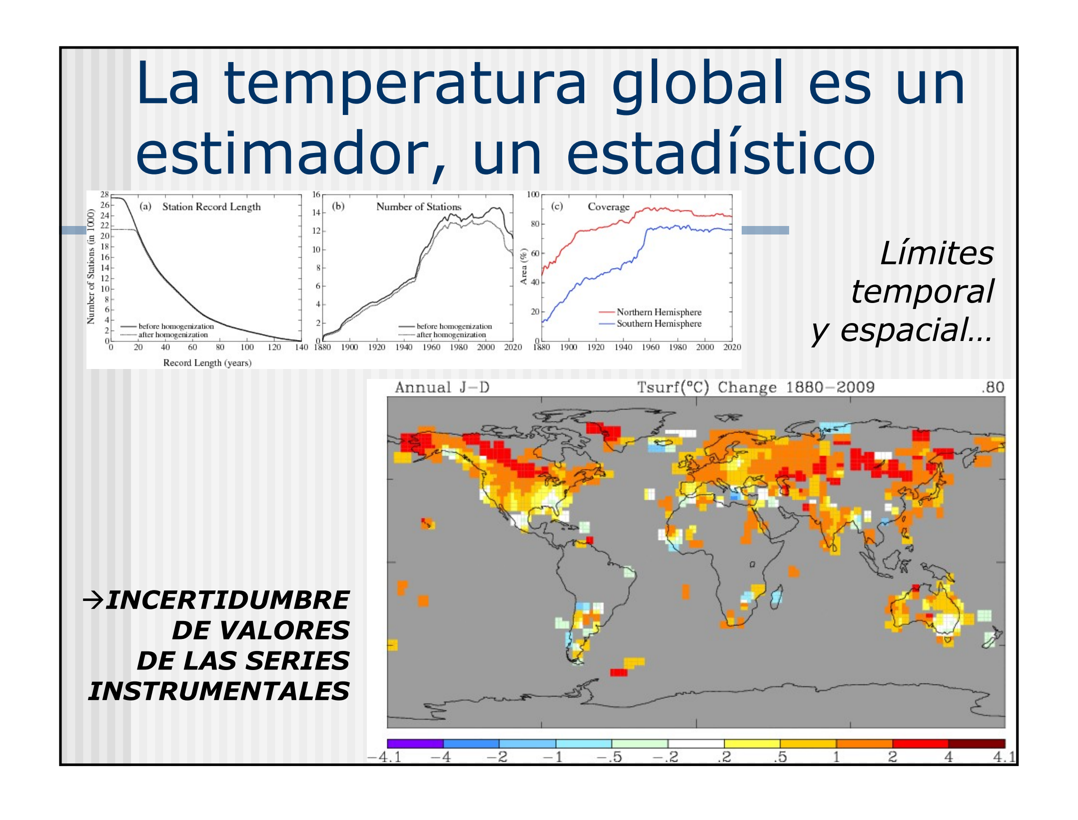
El consenso sobre el *calentamiento global antropogénico:*

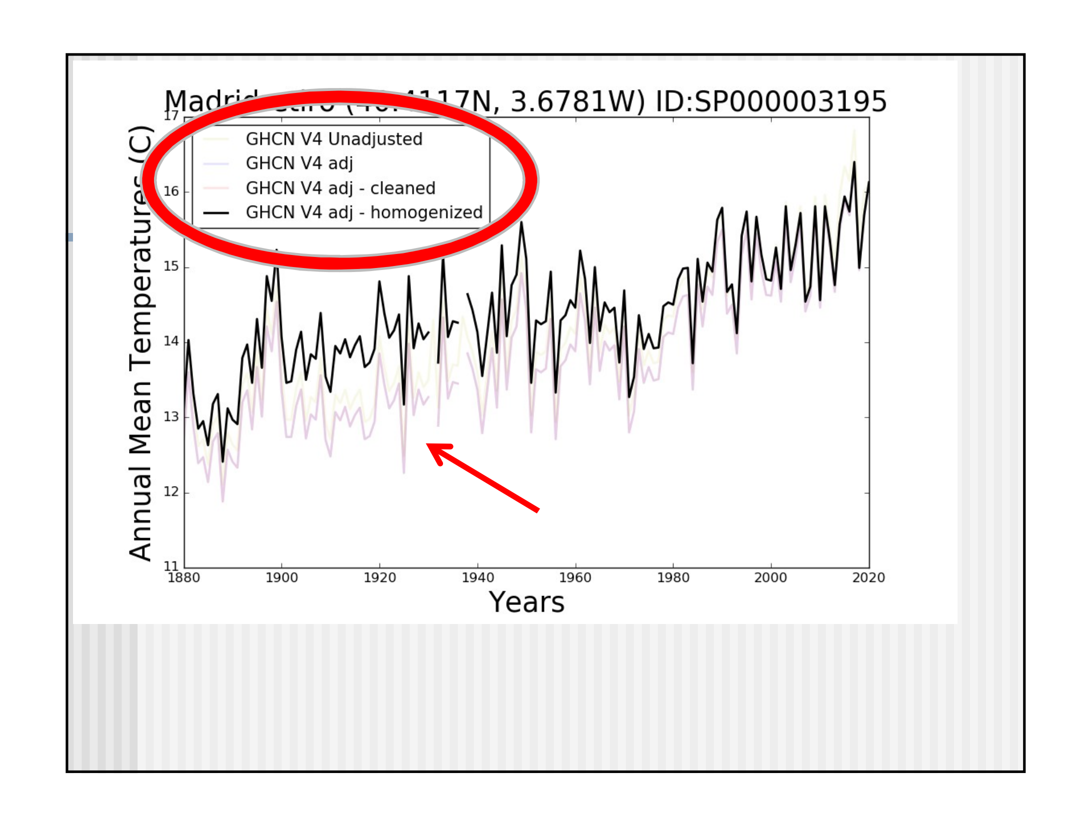
- Existe un *calentamiento global* de la Tierra (1.09º C respecto 1850-1900).
- La causa dominante del calentamiento global es el *efecto invernadero* provocado por las emisiones de CO_2 y otros gases de origen antrópico.
- Como consecuencia, ciertos *fenómenos extremos* (olas de calor, sequías, lluvias torrenciales…) son más frecuentes.

Sexto Informe de Evaluación del IPCC de la ONU (AR6 - 2021):

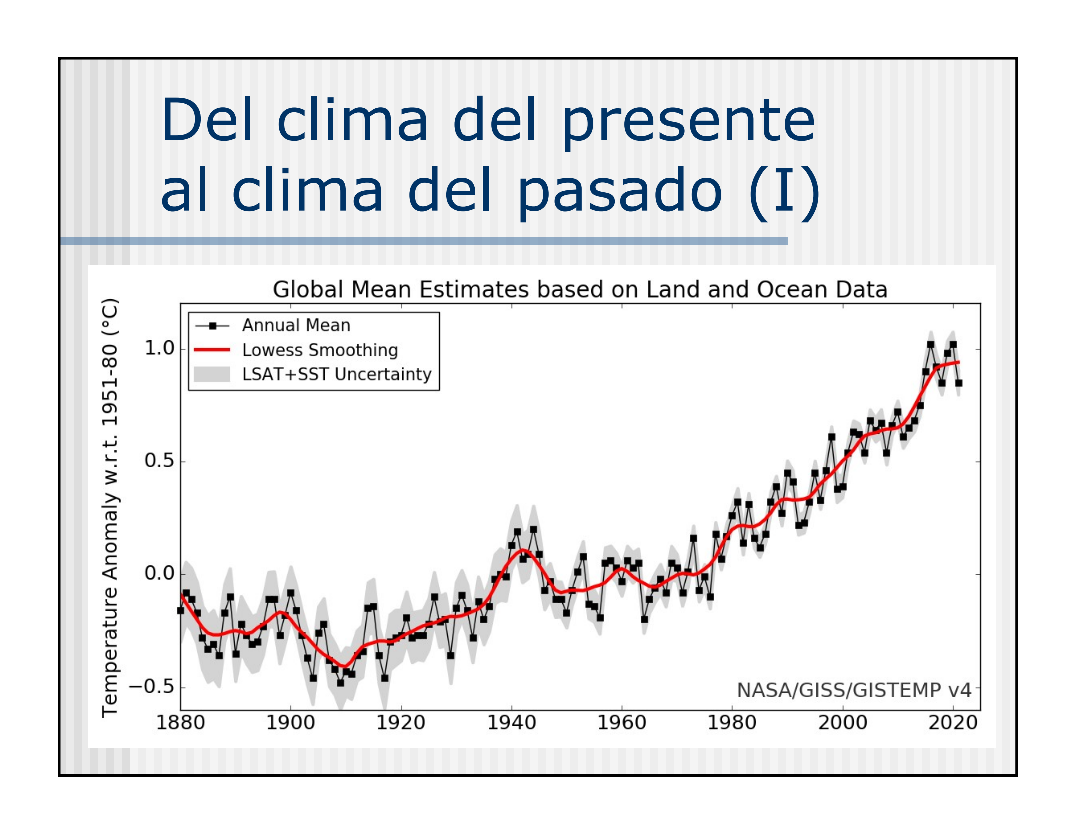
- Afirmación estrella: "Es ***más probable que no*** que ningún periodo multisecular desde hace 125.000 años haya sido más caliente que la década reciente 2011-2020."
- Definición de los expertos: ***Más probable que no*** significa que la probabilidad de ser cierta es de al menos un 50% (>0.5). O sea, que la probabilidad de que sea falsa es a lo sumo del 50% (<0.5), un margen de error que no debe despreciarse.


Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data
Annual Mean
Lowess Smoothing
LSAT+SST Uncertainty
Temperature Anomaly w.r.t. 1951-80 (°C)
1.0
0.5
0.0
−0.5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
NASA/GISS/GISTEMP v4
Contra el empirismo ingenuo: esta reconstrucción de la temperatura media global depende del empleo de modelos teóricos. Los datos hacen los modelos y los modelos hacen los datos (≈ circularismo).

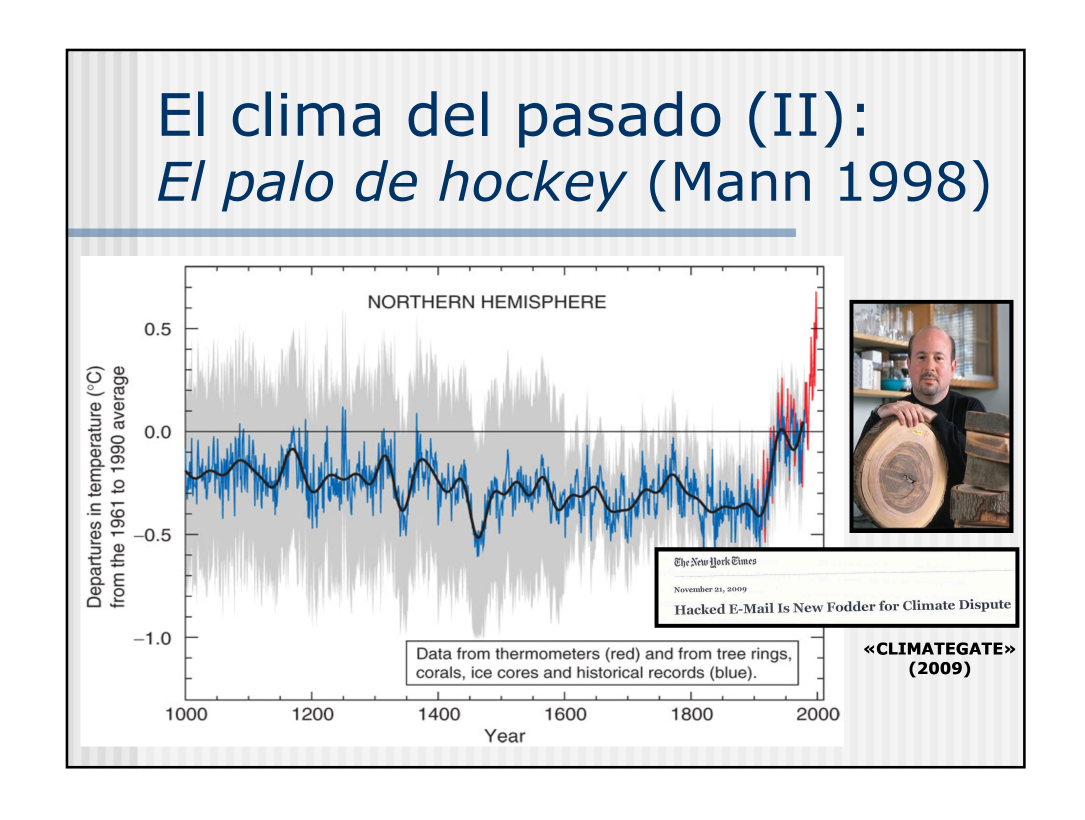

La temperatura global es un estimador, un estadístico
(a) Station Record Length
(b) Number of Stations
(c) Coverage
Number of Stations (in 1000)
Record Length (years)
Area (%)
before homogenization
after homogenization
Northern Hemisphere
Southern Hemisphere
Límites temporal y espacial…
Annual J-D
Tsurf(°C) Change 1880−2009
.80
→INCERTIDUMBRE DE VALORES DE LAS SERIES INSTRUMENTALES
−4.1 −4 −2 −1 −.5 −.2 .2 .5 1 2 4 4.1

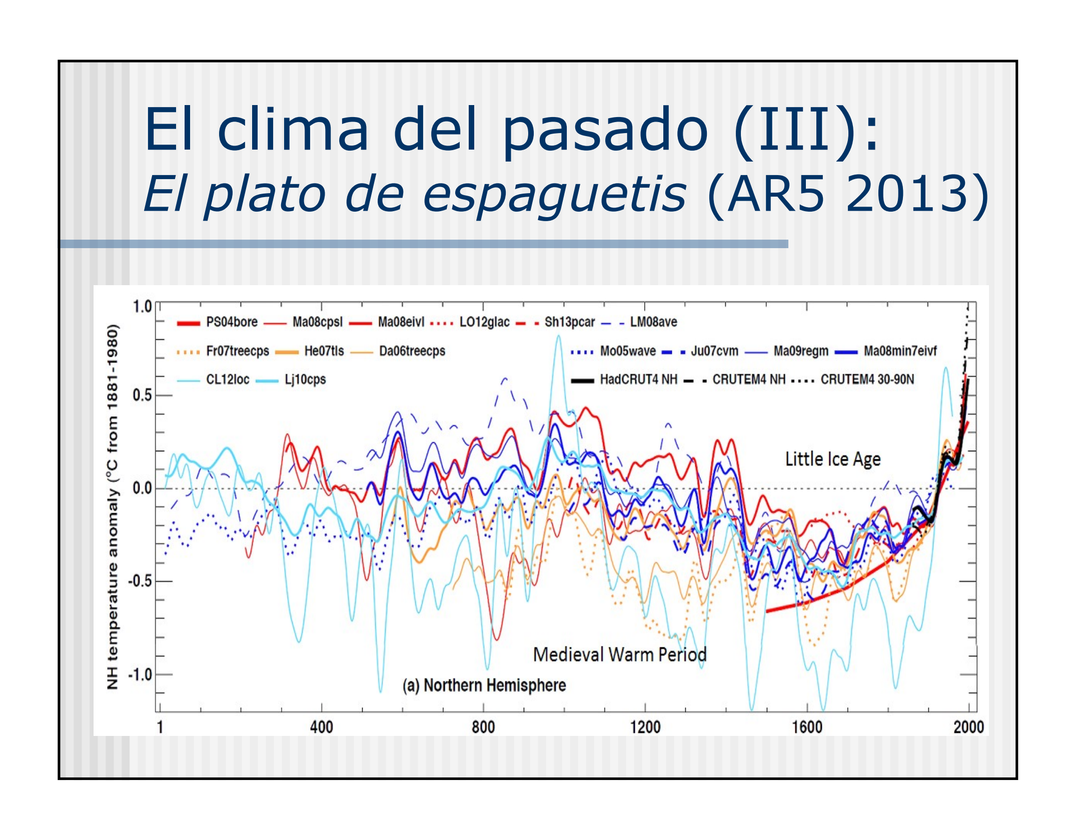


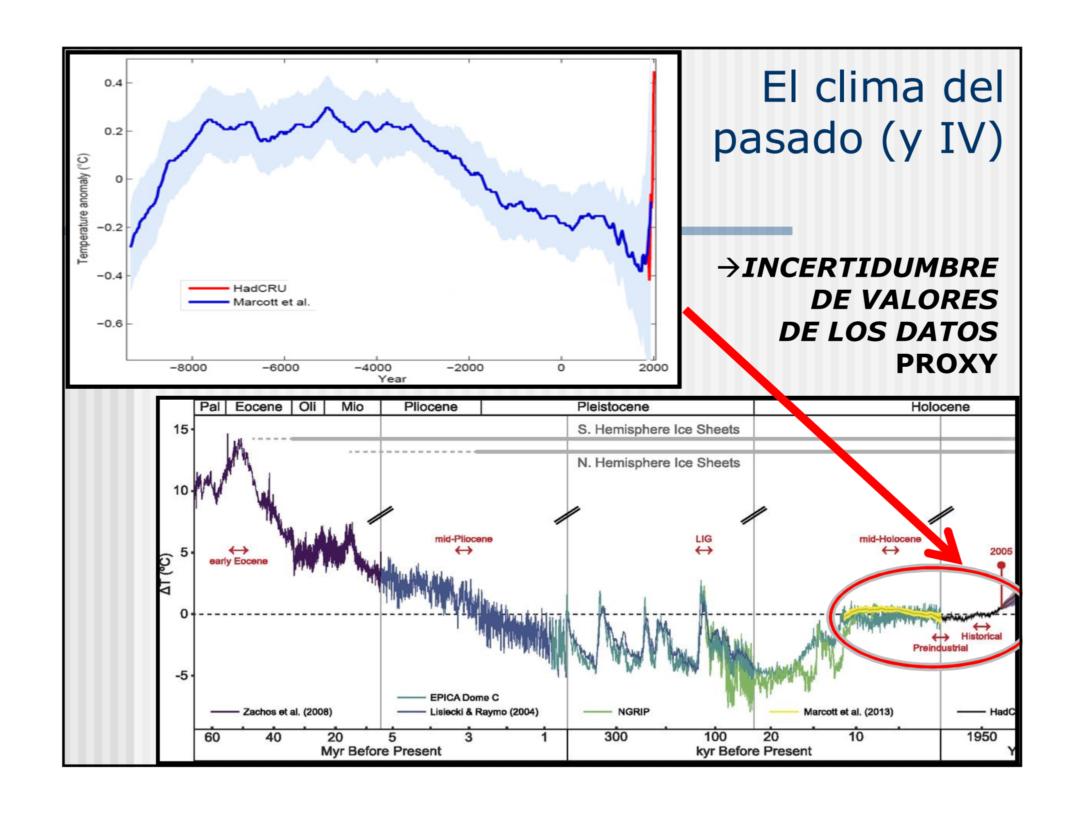
117N, 3.6781W) ID:SP000003195
GHCN V4 Unadjusted
GHCN V4 adj
GHCN V4 adj - cleaned
GHCN V4 adj - homogenized
Annual Mean Temperatures (C)
Years

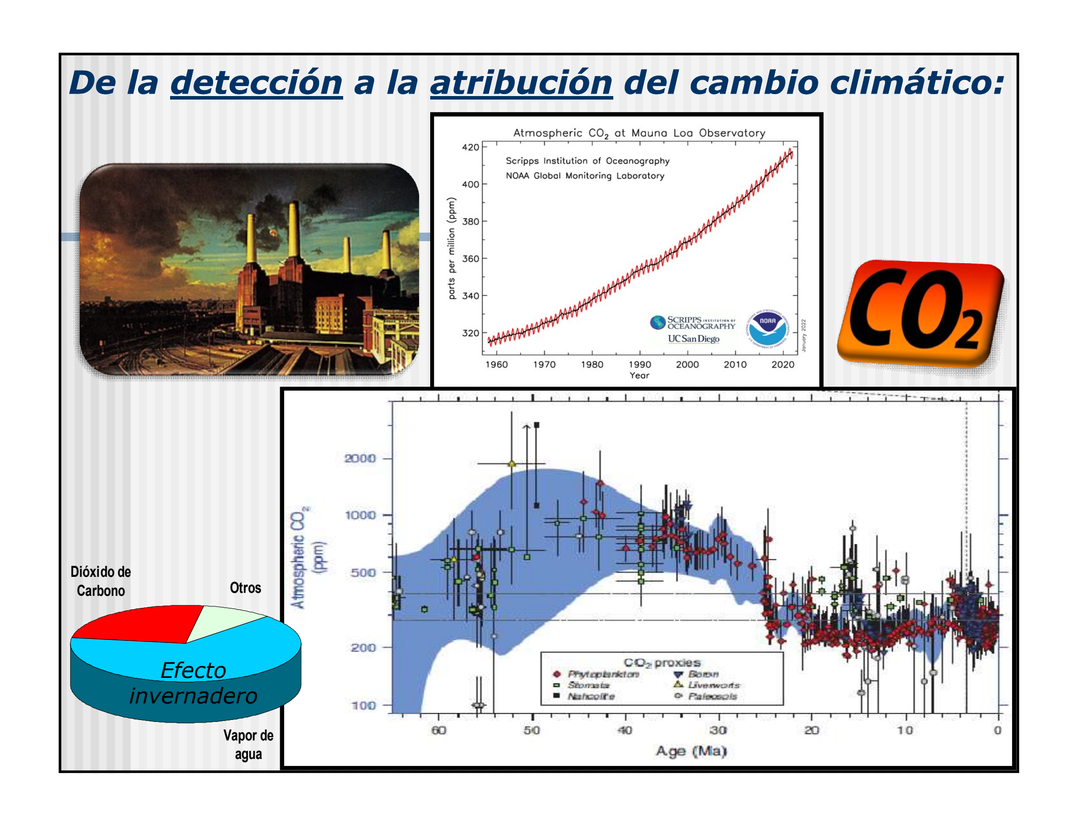


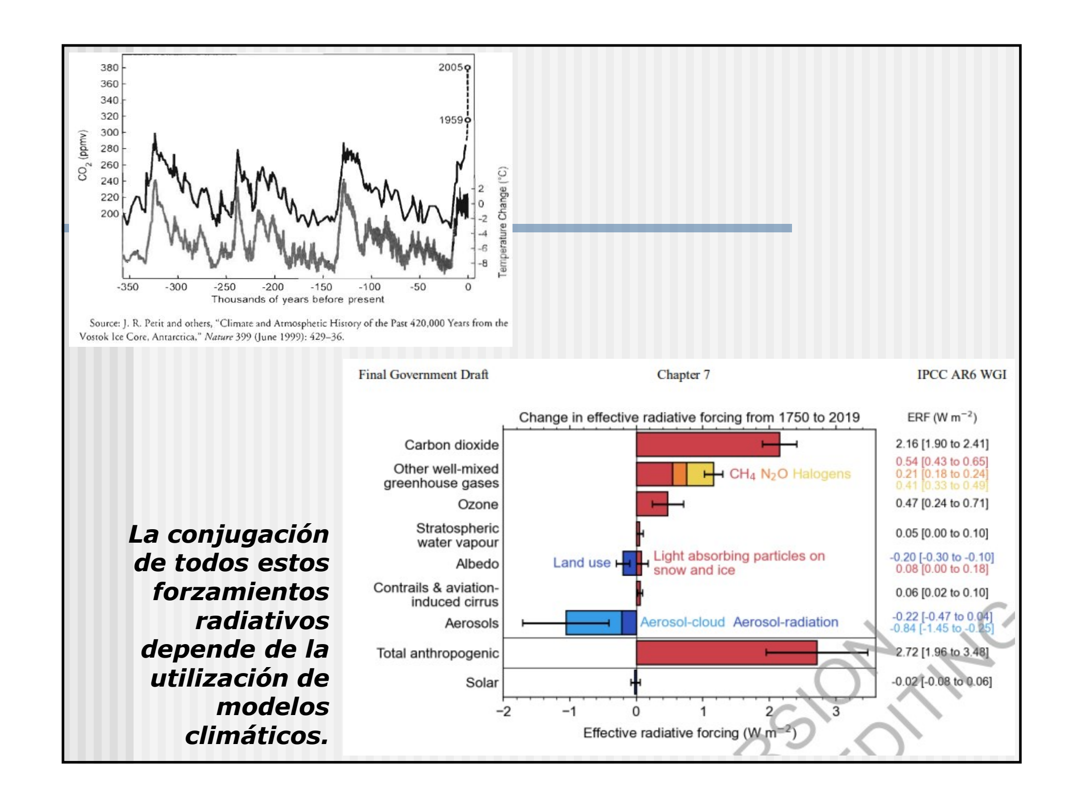
Del clima del presente
al clima del pasado (I)
Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data
Annual Mean
Lowess Smoothing
LSAT+SST Uncertainty
Temperature Anomaly w.r.t. 1951-80 (°C)
NASA/GISS/GISTEMP v4


El clima del pasado (II):
El palo de hockey (Mann 1998)
NORTHERN HEMISPHERE
Departures in temperature (°C) from the 1961 to 1990 average
0.5
0.0
−0.5
−1.0
Data from thermometers (red) and from tree rings, corals, ice cores and historical records (blue).
1000
1200
1400
1600
1800
2000
Year
The New York Times
November 21, 2009
Hacked E-Mail Is New Fodder for Climate Dispute
«CLIMATEGATE» (2009)


El clima del pasado (III):
El plato de espaguetis (AR5 2013)
PS04bore
Ma08cpsl
Ma08eivl
LO12glac
Sh13pcar
LM08ave
Fr07treecps
He07tls
Da06treecps
Mo05wave
Ju07cvm
Ma09regm
Ma08min7eivf
CL12loc
Lj10cps
HadCRUT4 NH
CRUTEM4 NH
CRUTEM4 30-90N
NH temperature anomaly (°C from 1881-1980)
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
Little Ice Age
Medieval Warm Period
(a) Northern Hemisphere
1
400
800
1200
1600
2000

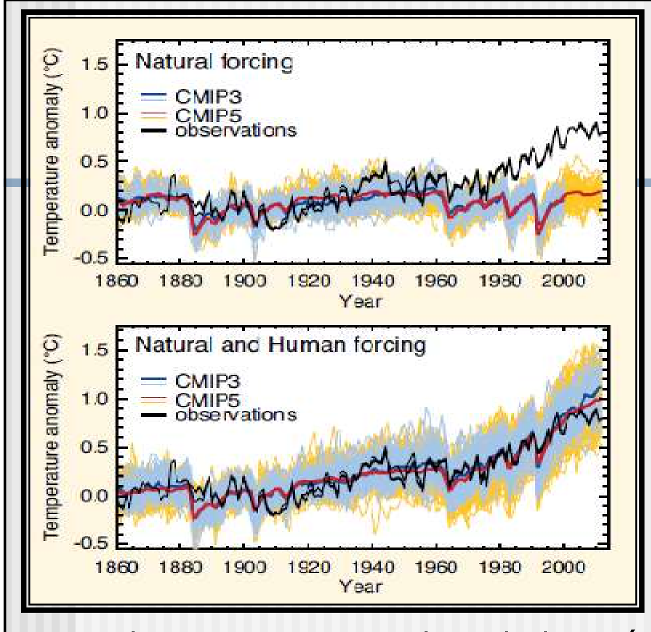

El clima del pasado (y IV)
→INCERTIDUMBRE DE VALORES DE LOS DATOS PROXY
HadCRU
Marcott et al.
Temperature anomaly (°C)
Year
Pal
Eocene
Oli
Mio
Pliocene
Pleistocene
Holocene
S. Hemisphere Ice Sheets
N. Hemisphere Ice Sheets
early Eocene
mid-Pliocene
LIG
mid-Holocene
2005
Preindustrial
Historical
ΔT (°C)
Zachos et al. (2008)
EPICA Dome C
Lisiecki & Raymo (2004)
NGRIP
Marcott et al. (2013)
Myr Before Present
kyr Before Present


De la detección a la atribución del cambio climático:
Atmospheric CO_2 at Mauna Loa Observatory
Scripps Institution of Oceanography
NOAA Global Monitoring Laboratory
parts per million (ppm)
Year
CO_2
Dióxido de Carbono
Otros
Efecto invernadero
Vapor de agua
Atmospheric CO_2 (ppm)
CO_2 proxies
Phytoplankton
Stomata
Nahcolite
Boron
Liverworts
Paleosols
Age (Ma)



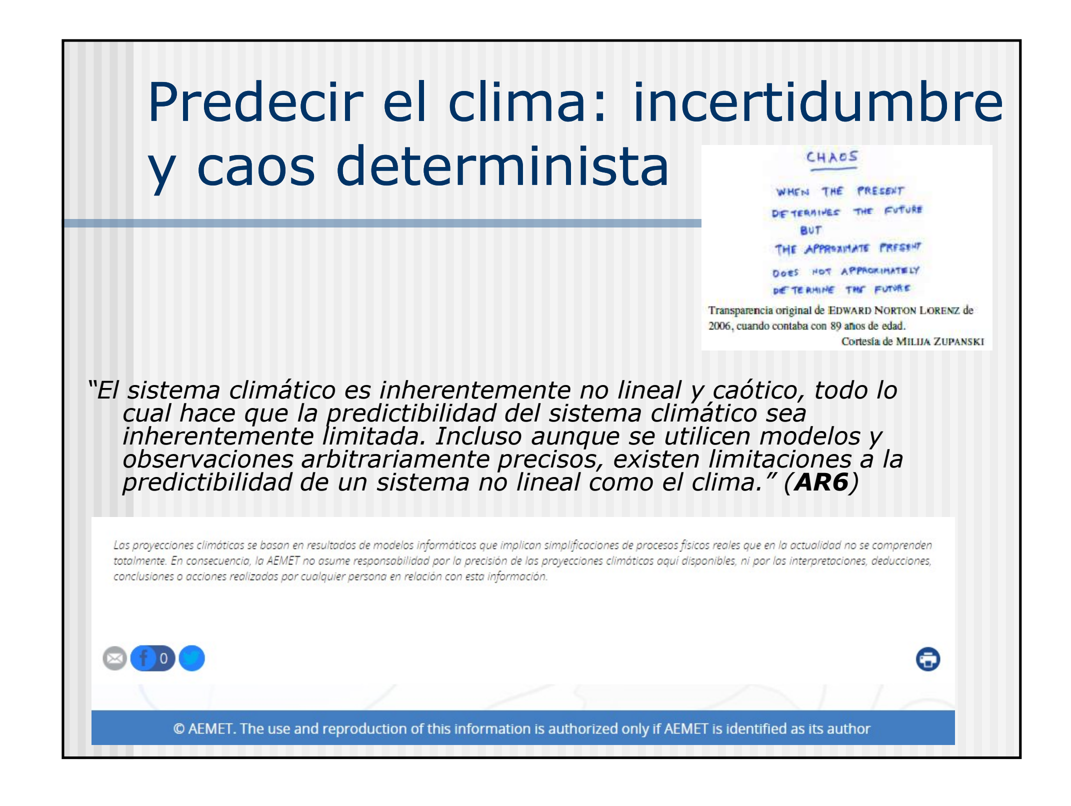
De los "modelos de balance de energías" a los "modelos de clima global"...

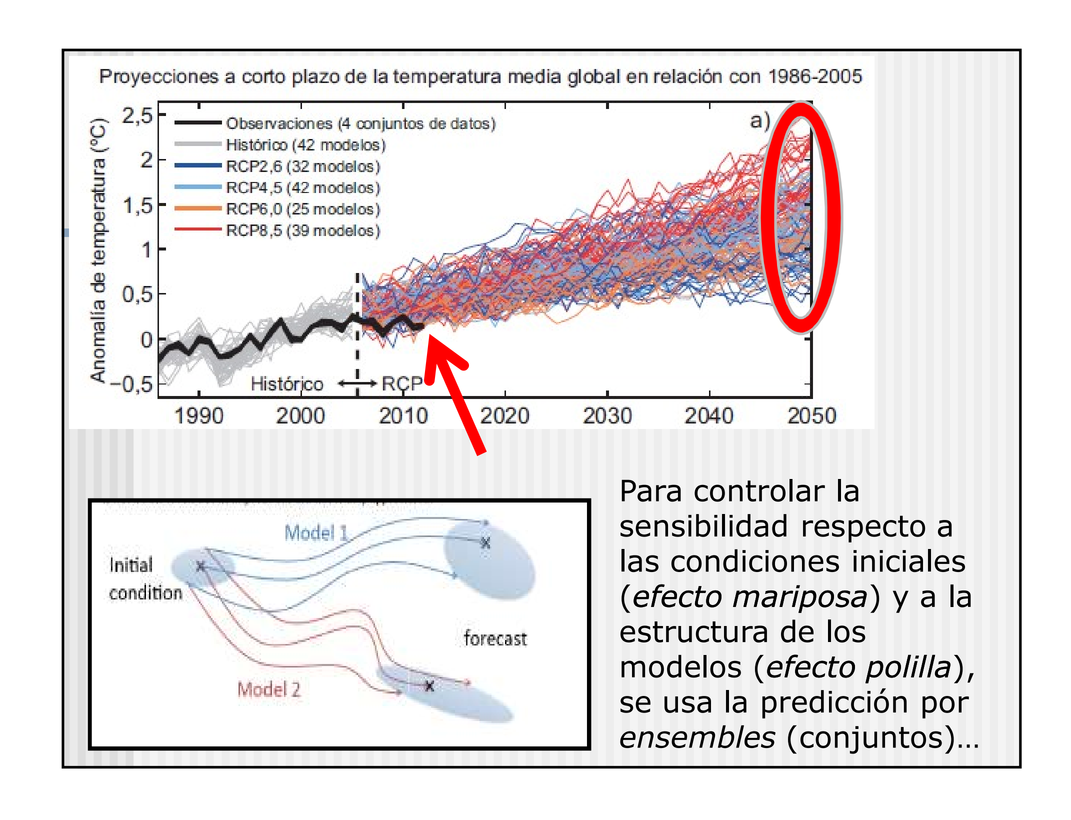
- Componentes: ecuaciones de evolución de las variables climáticas; ecuaciones que regulan el acoplamiento de la atmósfera con los océanos, los continentes o la cobertura de hielo; *parametrizaciones* de procesos muy influyentes -como la formación de nubes- pero que ocurren a escala muy pequeña en comparación con el clima global.
- Resolución numérica aproximada, mediante supercomputadoras, dada su extrema complejidad (celdas de ≈100 km de lado).
- Existen unos 30 modelos del clima global terrestre (CMIP6).

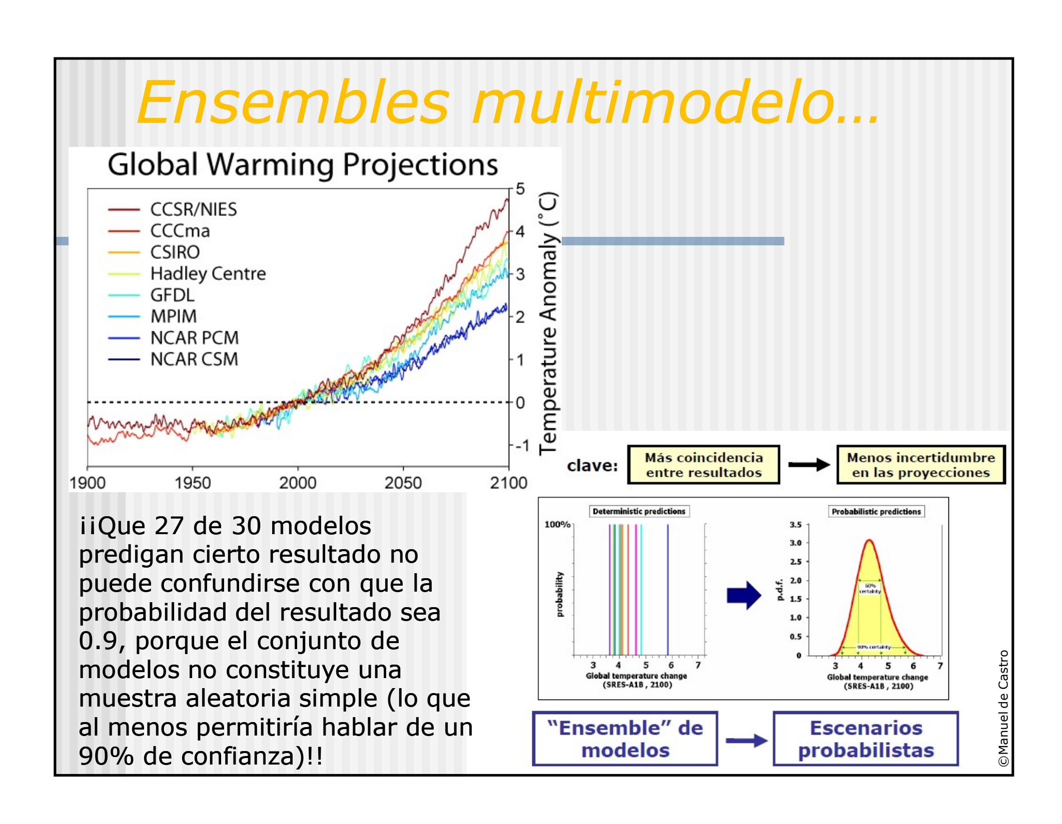


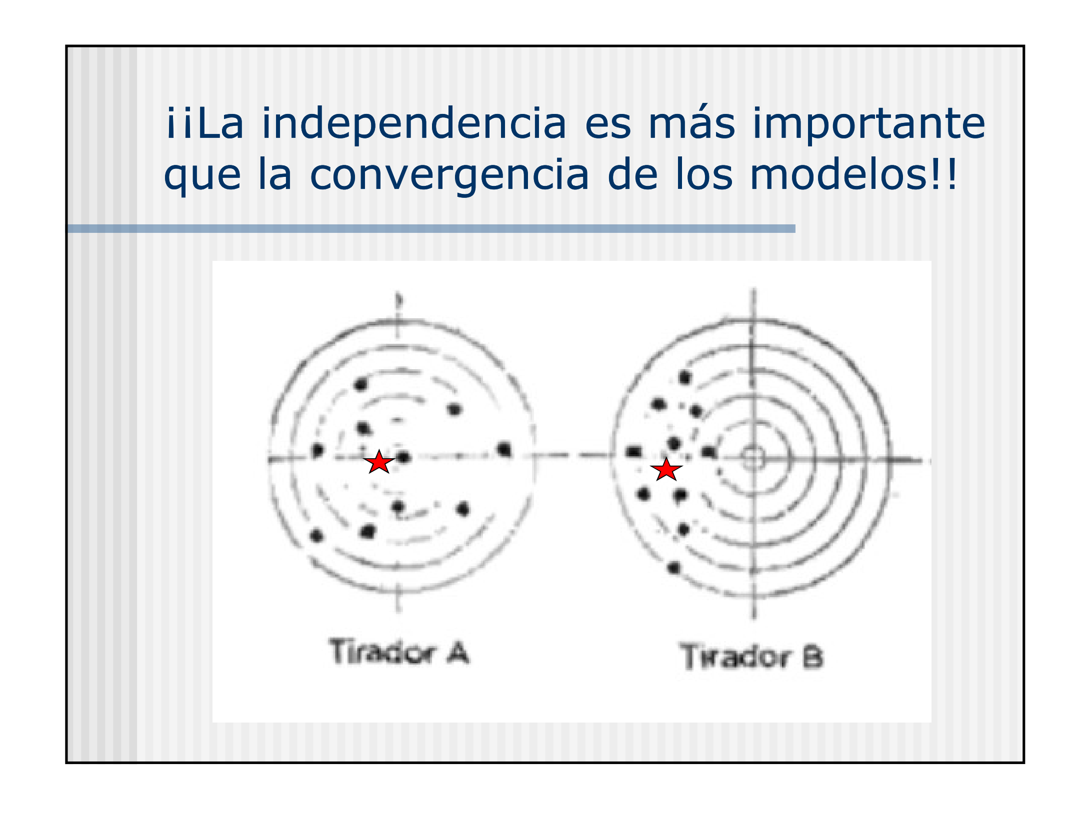
<u>Teorema fundamental</u>: sólo cuando los modelos se dejan correr actuando forzamientos naturales y antrópicos (ponderados de cierta manera) se reproduce el incremento de la temperatura global.

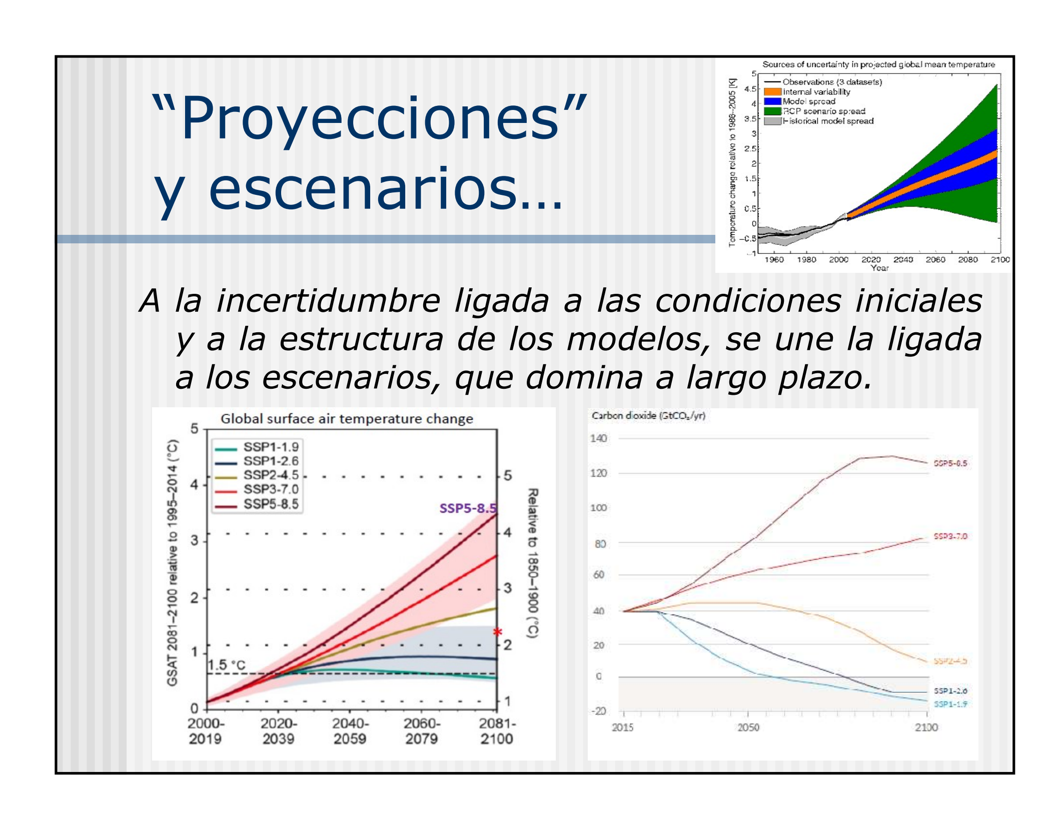
No obstante, en esta identidad sintética:
<u>evidencia estadística</u> (α2) ≠ <u>inferencia causal</u> (α1).




Proyecciones a corto plazo de la temperatura media global en relación con 1986-2005
Anomalía de temperatura (°C)
Observaciones (4 conjuntos de datos)
Histórico (42 modelos)
RCP2,6 (32 modelos)
RCP4,5 (42 modelos)
RCP6,0 (25 modelos)
RCP8,5 (39 modelos)
a)
Histórico
RCP
Initial condition
Model 1
Model 2
forecast
Para controlar la sensibilidad respecto a las condiciones iniciales (*efecto mariposa*) y a la estructura de los modelos (*efecto polilla*), se usa la predicción por *ensembles* (conjuntos)…


Ensembles multimodelo…
Global Warming Projections
CCSR/NIES
CCCma
CSIRO
Hadley Centre
GFDL
MPIM
NCAR PCM
NCAR CSM
Temperature Anomaly (°C)
clave:
Más coincidencia entre resultados
Menos incertidumbre en las proyecciones
Deterministic predictions
Probabilistic predictions
¡¡Que 27 de 30 modelos predigan cierto resultado no puede confundirse con que la probabilidad del resultado sea 0.9, porque el conjunto de modelos no constituye una muestra aleatoria simple (lo que al menos permitiría hablar de un 90% de confianza)!!
"Ensemble" de modelos
Escenarios probabilistas
©Manuel de Castro


¡¡La independencia es más importante que la convergencia de los modelos!!
Tirador A
Tirador B


"Proyecciones" y escenarios…
Sources of uncertainty in projected global mean temperature
Observations (3 datasets)
Internal variability
Model spread
RCP scenario spread
Historical model spread
Year
A la incertidumbre ligada a las condiciones iniciales y a la estructura de los modelos, se une la ligada a los escenarios, que domina a largo plazo.
Global surface air temperature change
SSP1-1.9
SSP1-2.6
SSP2-4.5
SSP3-7.0
SSP5-8.5
1.5 °C
GSAT 2081–2100 relative to 1995–2014 (°C)
Relative to 1850–1900 (°C)
2000-2019
2020-2039
2040-2059
2060-2079
2081-2100
Carbon dioxide (GtCO₂/yr)
2015
2050
2100

Incertidumbre estructural y realismo científico

- A pesar de que un modelo global reproduzca las tendencias observadas entre 1880 y hoy, puede que no reconstruya correctamente la dinámica del clima, porque el éxito puede deberse al ajuste *ad hoc* de los parámetros del modelo, dado que los datos del siglo XX son usados tanto para la calibración del modelo como para confirmarlo, en lo que parece un ejercicio de "doble contabilidad".
- Ejemplo: el ajuste de la amplitud del calentamiento y la sensibilidad climática o el forzamiento radiativo.
- De resultas, el IPCC prefiere hablar antes de la *evaluación* de los modelos disponibles –de su comparación entre sí- que de su validación, verificación o falsación; pues los modelos no se someten a duras contrastaciones empíricas sino que se parchean rutinariamente.
- Estamos ante una ciencia de modelos, antes teórica y observacional que práctica y experimental; porque una simulación, mal que pese, no es un verdadero experimento.

Resumiendo…

Los modelos indican que el calentamiento global no puede explicarse sólo por factores naturales, siendo los GEI de origen antrópico la causa dominante del cambio climático. Pero:

- *Incertidumbre de valores* con respecto a las series instrumentales y los datos *proxy* de la temperatura, la concentración de CO_2, etc.
- *Incertidumbre estructural* con respecto a la modelización de los acoplamientos, los forzamientos, las parametrizaciones, etc.
- *Incertidumbre temporal*, ligada al caos determinista y la dependencia de las proyecciones de los escenarios considerados.

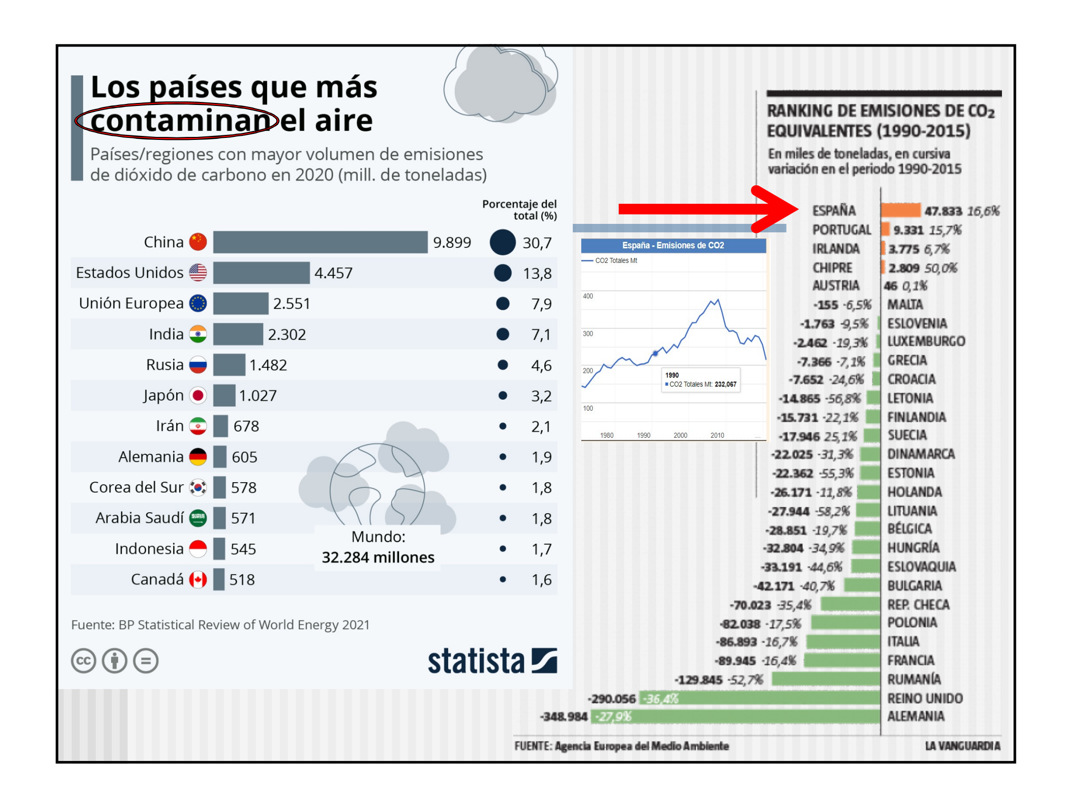
Ontología: el clima global como *hiperrealidad*

El *clima global* (WMO 1975) no es un descubrimiento pero tampoco un invento. Es un "descubrimiento constitutivo", una *hiperrealidad* (*hiperobjeto*). Salvo que presupongamos una ciencia de visión divina, el sistema climático global no estaba *ahí*, esperando a ser descubierto por el hombre, porque su constitución como tal sistema depende de las ciencias. En la Tierra no hay un único clima sino una pluralidad, un mosaico de climas muy diferentes. Son los científicos los que, mediante la construcción de una red meteorológica mundial de estaciones, boyas y satélites orbitando alrededor de la esfera terrestre, así como mediante el diseño de una jerarquía de modelos climáticos con cada vez más acoplamientos, nos han puesto ante esa nueva realidad interconectada. Ciertamente, las operaciones científicas se neutralizan *a posteriori*, pero no se segregan como si nunca hubieran existido, por la escala antrópica, presente en las estadísticas meteorológicas que definen el clima, pues la lluvia que es un calabobos para un hombre es un diluvio para una hormiga. Otro animal con órganos, aparatos e instituciones distintas a las del hombre, es decir, otro ego trascendental **E**, organizaría y recortaría el mundo entorno $\mathbf{M_i}$ de un modo no necesariamente idéntico.

Atención: presencia del Mito de la Naturaleza en la filosofía espontánea de muchos científicos del clima, ecologistas, activistas y políticos.

Gnoseología, Ontología y… Política

- "Alerta climática" y pavores ecológicos.
- Génesis y estructura del IPCC (1988-).
- De Kioto (1997) a París (2015).
- Dialéctica de Estados, economía y reducción de emisiones de GEI: China e India vs. Primer Mundo; Alemania y la caída del Muro; Francia y la nuclear verde; Reino Unido y Margaret Thatcher; Rusia y la antigua URSS; EEUU, Australia y el carbón; …y España.



Los países que más contaminan el aire
Países/regiones con mayor volumen de emisiones de dióxido de carbono en 2020 (mill. de toneladas)
Porcentaje del total (%)
China 9.899 30,7
Estados Unidos 4.457 13,8
Unión Europea 2.551 7,9
India 2.302 7,1
Rusia 1.482 4,6
Japón 1.027 3,2
Irán 678 2,1
Alemania 605 1,9
Corea del Sur 578 1,8
Arabia Saudí 571 1,8
Indonesia 545 1,7
Canadá 518 1,6
Mundo: 32.284 millones
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2021
statista
España - Emisiones de CO2
CO2 Totales Mt
400
300
200
100
1980
1990
2000
2010
1990
CO2 Totales Mt: 232,067
RANKING DE EMISIONES DE CO2 EQUIVALENTES (1990-2015)
En miles de toneladas, en cursiva variación en el periodo 1990-2015
ESPAÑA 47.833 16,6%
PORTUGAL 9.331 15,7%
IRLANDA 3.775 6,7%
CHIPRE 2.809 50,0%
AUSTRIA 46 0,1%
MALTA -155 -6,5%
ESLOVENIA -1.763 -9,5%
LUXEMBURGO -2.462 -19,3%
GRECIA -7.366 -7,1%
CROACIA -7.652 -24,6%
LETONIA -14.865 -56,8%
FINLANDIA -15.731 -22,1%
SUECIA -17.946 25,1%
DINAMARCA -22.025 -31,3%
ESTONIA -22.362 -55,3%
HOLANDA -26.171 -11,8%
LITUANIA -27.944 -58,2%
BÉLGICA -28.851 -19,7%
HUNGRÍA -32.804 -34,9%
ESLOVAQUIA -33.191 -44,6%
BULGARIA -42.171 -40,7%
REP. CHECA -70.023 -35,4%
POLONIA -82.038 -17,5%
ITALIA -86.893 -16,7%
FRANCIA -89.945 -16,4%
RUMANÍA -129.845 -52,7%
REINO UNIDO -290.056 -36,4%
ALEMANIA -348.984 -27,9%
FUENTE: Agencia Europea del Medio Ambiente
LA VANGUARDIA